

Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Uji Karakteristik Marshall Untuk Campuran Laston (AC-BC)

Antonius Situmorang¹⁾

Priyo Pratomo²⁾

Dwi Herianto³⁾

Abstract

This study aims to determine the impact that variations in the number of collisions on the characteristics of the mixture laston (AC-BC) with reference to the Specifications Bina Marga, 2010.

This study uses a gradation on common specifications, 2010 for a mixture of Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC) fine gradations for middle limit and lower limit.

Based on the analysis of data processing obtained that the bitumen content is used for middle limit is 6.75% and the lower limit of 7.1%. From the test results on a collision Marshall 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, 2x95 in the middle of the boundary does not meet all the parameters because the value of Marshall Quotient (MQ) and value of voids Filled With Asphalt (VFA) did not enter the specifications Bina Marga, 2010. While testing the limits Marshall Under the collision 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 Marshall has met all parameters. Only on collision that does not meet the parameters 2x95 Marshall because the value of Marshall Quotient (MQ) does not make any Specification Bina Marga, 2010.

Keywords : *Number of Collisions , Specification for Highways 2010, Marshall , Asphalt Concrete - Binder Course (AC - BC)*

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh yang diberikan variasi jumlah tumbukan terhadap karakteristik campuran laston (AC-BC) dengan mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010.

Penelitian ini menggunakan gradasi pada spesifikasi umum 2010 untuk campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* (AC-BC) gradasi halus untuk batas tengah dan batas bawah,

Berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 6,75% dan batas bawah 7.1%. Dari hasil pengujian *Marshall* pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, 2x95 pada batas tengah tidak memenuhi semua parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient (MQ)* dan nilai *Voids Filled With Asphalt (VFA)* tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010. Sedangkan pengujian *Marshall* batas bawah pada tumbukan 2x55, 2x65, 2x75, 2x85 telah memenuhi semua parameter *Marshall*. Hanya pada tumbukan 2x95 yang tidak memenuhi parameter *Marshall* dikarenakan nilai *Marshall Quotient (MQ)* tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010.

Kata kunci : *Jumlah Tumbukan, Spesifikasi Bina Marga 2010, Marshall, Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*

¹⁾ Mahasiswa pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145. surel: antonius.nius25@gmail.com

²⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan. Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

³⁾ Dosen Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Lampung. Jalan Prof. Soemantri Brojonegoro 1. Gedong Meneng Bandar Lampung. 35145.

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini, Indonesia sudah menggunakan lapis perkerasan campuran beraspal panas (*hotmix*) baik untuk kegiatan peningkatan maupun pembangunan jalan baru. Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal pada suhu tinggi. Pencampuran dilakukan di Unit Pencampur Aspal (UPA) sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Salah satu jenis campuran beraspal panas yang sering digunakan adalah laston (Lapis Aspal Beton/AC/Asphalt Concrete).

Lapisan aspal memiliki karakteristik campuran yaitu *stability*, *durabilitas*, *fleksibilitas*, tahanan geser (*skid resistance*), kedap air, kemudahan pekerjaan (*workability*), ketahanan kelelahan (*fatigue resistance*). Dalam pencampuran, jumlah tumbukan dalam pemadatan aspal sangat berpengaruh terhadap karakteristik lapisan aspal. Campuran beraspal panas untuk perkerasan lentur di rancang menggunakan metode Marshall.

Oleh karena itu untuk mengetahui hal tersebut maka dilakukan penelitian uji pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap lapisan aspal beton. Dan lapis aspal beton yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Binder Coarse* (AC-BC) menggunakan aspal keras produksi Pertamina pen 60/70.

2. TINJAUAN PUSTAKA

A. Umum

Campuran beraspal panas adalah campuran yang terdiri atas kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam. Dalam mencampur dan mengerjakannya, keduanya dipanaskan pada temperatur tertentu.

Lapisan Aspal Beton adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Lapisan ini harus bersifat kedap air, memiliki nilai struktural dan awet (Sukirman, 2003).

Ketentuan sifat – sifat campuran beraspal dikeluarkan oleh Dinas Perhubungan dan Prasarana Wilayah bersama-sama dengan Bina Marga, ketentuan sifat-sifat campuran beraspal jenis Laston yang juga menjadi acuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC

Sifat Sifat Campuran		Laston					
		Lapis aus		Lapis antara		Pondasi	
		halus	kasar	Halus	kasar	halus	kasar
Kadar Aspal Efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan Aspal (%)	Max				1,2		
Jumlah Tumbukan Perbidang				75			112 ⁽¹⁾
Rongga Dalam Campuran (%) ⁽²⁾	Min				3,5		
	Max				5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA)(%)	Min	15			14		13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65			63		60
Stabilitas <i>Marshall</i> (Kg)	Min		800				1800 ⁽¹⁾
	Max		-				-
Pelelehan (Mm)	Min		3				4,5 ⁽¹⁾
Marshall Quotient (Kg/Mm)	Min		250				300

B. Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari konstruksi perkerasan jalan yang berfungsi sebagai kerangka atau tulangan yang memikul beban yakni beban kendaraan yang melewati jalan tersebut.

Berdasarkan ukuran butiran, agregat dapat dibedakan menjadi:

1. Agregat kasar
2. Agregat Halus

C. Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak (cair) sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan macadam ataupun pelaburan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (sifat termoplastis). Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil umumnya hanya 4 - 10 % berdasarkan berat atau 10 - 15 % berdasarkan volume (Sukirman, 1992).

Berikut ini adalah Tabel 2 yang berisi spesifikasi dari aspal keras penetrasi 60/70.

Tabel 2. Spesifikasi Aspal Keras Penetrasi 60/70.

No.	Jenis Pengujian	Metode	Persyaratan
1	Penetrasi, 25 °C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2	Viskositas 135 °C	SNI 06-6441-1991	385
3	Titik Lembek; °C	SNI 06-2434-1991	≥ 48
5	Daktilitas pada 25 °C	SNI 06-2432-1991	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 06-2433-1991	≥ 232
7	Kelarutan dlm <i>Toluene</i> , %	ASTM D 5546	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	≥ 1,0
9	Berat yang Hilang, %	SNI 06-2441-1991	≤ 0,8

D. Persyaratan dan Analisis Campuran Beton Aspal Campuran Panas (AC)

Gradasi agregat mempunyai pengaruh yang berbeda-beda terhadap beton aspal yang dihasilkan, campuran yang bergradasi menerus mempunyai sifat volume rongganya lebih sedikit dibanding dengan gradasi senjang (*gap graded*).

Sifat yang demikian ini menjadikan beton aspal lebih peka terhadap variasi kadar aspal dalam suatu proporsi campuran.

Sifat yang diperlukan dari beton aspal, disesuaikan dengan penggunaannya sebagai pelapis permukaan konstruksi jalan yang harus memenuhi sifat teknis dan non teknis, artinya bahwa beton aspal harus dapat dibuat dari bahan-bahan yang tidak mahal akan tetapi dapat memenuhi sifat-sifat teknis sesuai dengan yang diinginkan (memenuhi spesifikasi). Menurut Sukirman (1992), terdapat tujuh karakteristik yang harus dimiliki oleh aspal beton adalah :

1. Stabilitas (*Stability*)
2. Keawetan (*Durability*)
3. Kelenturan (*Flexibility*)
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatigue Resistance*)
5. Kekesatan/tahanan geser (*Skid Resistance*)
6. Kedap air (*Impermeability*)
7. Kemudahan pelaksanaan (*Workability*)

E. Volumetrik Campuran Aspal Beton

Yang dimaksud disini volume campuran aspal beton adalah volume benda uji campuran setelah dipadatkan. Komponen campuran beraspal secara volumetrik tersebut adalah Volume rongga diantara mineral agregat (VMA), Volume bulk campuran padat, Volume campuran padat tanpa rongga, Volume rongga terisi aspal (VFA), Volume rongga dalam campuran (VIM), dan Volume aspal yang diserap agregat.

F. Metode Pengujian Marshall

Metode *Marshall* pertama kali ditemukan oleh Bruce Marshall, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengukur daya tahan (stabilitas) campuran agregat dan aspal terhadap kelelahan plastis (*flow*). *Flow* didefinisikan sebagai perubahan deformasi atau regangan suatu campuran mulai dari tanpa beban, sampai beban maksimum.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs). *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Arloji kelelahan (*flow meter*) untuk mengukur kelelahan plastis (*flow*). Benda uji *marshall standart* berbentuk silinder berdiamater 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

3. METODE PENELITIAN

Langkah yang dilakukan dalam penelitian ini dimulai dari persiapan yaitu meliputi studi pendahuluan dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus, *filler* (menggunakan semen)) dengan mendatangkan bahan-bahan yang diperlukan ke laboratorium inti jalan raya Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pengujian dilakukan untuk melihat kelayakan bahan yang akan dipergunakan yaitu uji agregat meliputi berat jenis agregat kasar, berat jenis agregat halus, analisa saringan, *Aggregate Impact Value (AIV)*, *Aggregate Crushing Value (ACV)*, uji keausan, indeks kepipihan, dan uji aspal meliputi uji penetrasi bitumen, uji titik lembek aspal, uji kehilangan berat minyak bitumen, uji daktilitas serta uji berat jenis bitumen. Setelah dilakukan uji kelayakan bahan maka akan dilakukan pencampuran dan dipadatkan dengan menggunakan jenis campuran *AC-BC* gradasi halus, setelah itu diuji dengan meninjau parameter *marshall*. Dari pengujian *marshall* tersebut akan diperoleh kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan sebagai kadar aspal untuk melakukan pencampuran dengan variasi jumlah tumbukan.

Benda uji akan dikelompokkan untuk variasi jumlah tumbukan yaitu 2x55, 2x65, 2x75, 2x85, dan 2x95. Untuk benda uji yang telah dibuat maka akan diuji dengan memperhatikan parameter *marshall*. Hasil penelitian di laboratorium akan diperoleh nilai parameter *Marshall (Stability)*, *Flow*, *Void in Mineral Agregat (VMA)*, *Void in The Mix (VIM)*, *Void Filled with Asphalt (VFA)* dan (*Marshall Quotient*) dari campuran perkerasan *AC-BC* gradasi halus dengan perbedaan jumlah tumbukan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian Aspal dan Agregat

Pengujian material yang dilakukan meliputi uji aspal dan uji agregat. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal Pertamina pen 60/70. Hasil pengujian maerial yaitu:

Tabel 3. Hasil Pengujian aspal Pertamina penetrasi 60/70.

No.	Jenis Pengujian	Untuk Batas Tengah	Untuk Batas Bawah	Persyaratan Pen 60/70	Ket.
1.	Penetrasi 25°C, 5 detik (0,1 mm)	66,66	64,83	60-70	Memenuhi
2.	Titik Lembek (°C)	51,5	52	≥48	Memenuhi
3.	Daktilitas 25°C (cm)	>100	>100	>100	Memenuhi
4.	Berat Jenis (gr/cm ³)	1,0377	1,0110	≥1,0	Memenuhi
5.	Kehilangan Berat 163°C (%)	0,2134	0,4120	Maks. 0,8	Memenuhi

Tabel 4. Hasil Pengujian Agregat Kasar.

No.	Karakteristik	Untuk Batas Tengah	Untuk Batas Bawah	Spesifikasi	Ket.
1.	BJ curah (<i>bulk</i>)	2,5967 gr/cm ³	2,6453 gr/cm ³	Min. 2,5	Memenuhi
2.	BJ SSD	2,6587 gr/cm ³	2,6732 gr/cm ³	-	Memenuhi
3.	BJ semu (<i>apparent</i>)	2,7685 gr/cm ³	2,7213 gr/cm ³	-	Memenuhi
4.	Penyerapan air	2.3904%	1.0556%	Maks. 3%	Memenuhi
5.	Los angeles test	11,54%	11,346%	Maks. 40 %	Memenuhi

Tabel 5. Hasil Pengujian Agregat Halus.

No.	Karakteristik	Untuk Batas Tengah	Untuk Batas Bawah	Spesifikasi	Ket.
1.	BJ curah (<i>bulk</i>)	2,6142gr/cm ³	2,5643gr/cm ³	Min. 2,5 gr/cc	Memenuhi
2.	BJ SSD	2,6681gr/cm ³	2,6151gr/cm ³	-	Memenuhi
3.	BJ semu (<i>apparent</i>)	2,7631gr/cm ³	2,7014gr/cm ³	-	Memenuhi
4.	Penyerapan air	2,0616%	1,9784%	Maks. 5%	Memenuhi

Tabel 6. Hasil Pengujian *Filler*

Jenis <i>Filler</i>	Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Ket.
Semen <i>Portland</i>	Berat Jenis		-	Memenuhi
	Lolos saringan No. 200	100%	Min.75%	Memenuhi

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa aspal dan agregat yang diuji memasuki spesifikasi kelayakan untuk dijadikan sebagai bahan pembuatan benda uji dalam penelitian ini.

B. Desain Campuran

Gradasi argegat campuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah Lapis Aspal Beton AC-BC gradasi halus dengan gradasi batas tengah dan gradasi batas bawah yang mengacu pada spesifikasi teknis Bina Marga 2010. Persentase agregat untuk campuran AC-BC dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini:

Tabel 7. Persentase Agregat Campuran.

Saringan	Diameter	Batas Tengah		Batas Bawah	
		% Lolos	%Tertahan	% Lolos	%Tertahan
1"	25	100		100	
3/4"	19	95	5	90	10
1/2"	12,5	82	13	74	16
3/8"	9,5	73	9	64	10
No.4	4,75	55.50	17.50	47	17
No.8	2,36	41.80	13.70	34.6	12.4
No.16	1,18	33.15	8.65	28.3	6.3
No.30	0,6	24.35	8.80	20.7	7.6
No.50	0,3	16.85	7.50	13.7	7
No.100	0,15	8.50	8.35	4	9.7
No.200	0,075	6	2.50	4	0
PAN		0	6	0	4

Setelah diperoleh gradasi lolos saringan maka di tentukan perhitungan kadar aspal rencana. Setelah kadar aspal rencana di dapat kemudian dilakukan perhitungan kebutuhan agregat dilakukan dengan metode JMF (Job Mix Formula) dengan kadar yang telah di lakukan perhitungan. Hal ini bertujuan untuk mengetahui seberapa banyak komposisi agregat yang dibutuhkan pada masing-masing gradasi. Seperti pada gradasi batas tengah berikut ini:

Tabel 8. Berat masing-masing agregat untuk batas tengah.

Saringan	% %		Kadar Aspal (%)					Total
	Lolos	Tertahan	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	
25	100	0	0	0	0	0	0	0
19	95	5	60	59	58	57	57	291
12.5	82	13	155	153	151.1	149.2	147.3	755.6
9.5	73	9	107.3	105.9	104.6	103.3	102	523.1
4.75	55.5	17.5	208.6	206	203.4	200.8	198.3	1017.1
2.36	41.8	13.7	163.3	161.3	159.2	157.2	155.2	796.3
1.18	33.15	8.65	103.1	101.8	100.5	99.3	98	502.8
0.6	24.35	8.8	104.9	103.6	102.3	101	99.7	511.5
0.3	16.85	7.5	89.4	88.3	87.2	86.1	85	435.9
0.15	8.5	8.35	99.5	98.3	97	95.8	94.6	485.3
0.075	6	2.5	29.8	29.4	29.1	28.7	28.3	145.3
Pan	0	6	71.5	70.6	69.7	68.9	68	348.7
Berat Total Agregat (gr)			1192.2	1177.1	1162.2	1147.6	1133.2	5812.2
Berat Aspal (gr)			56.2	62	67.6	73.2	78.8	337.8
Berat Total Benda Uji (gr)			1248.3	1239	1229.9	1220.8	1211.9	6150
BJ Teori Max			2.5258	2.5070	2.4885	2.4702	2.4522	-

Tabel 9. Berat masing-masing agregat untuk batas bawah.

Saringan	%	%	Kadar Aspal (%)					Total
	Lolos	Tertahan	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	Agregat
25	100	0	0	0	0	0	0	0
19	90	10	120.7	119.2	117.6	116.1	114.7	588.3
12.5	74	16	193.3	190.7	118.2	185.8	183.4	941.3
9.5	64	10	120.7	119.2	117.6	116.1	114.7	588.3
4.75	47	17	205.2	202.6	200	197.4	194.9	1000.1
2.36	34.6	12	149.7	147.8	145.9	144.0	142.2	729.5
1.18	28.3	6	76	75.1	74.1	73.2	72.2	370.6
0.6	20.7	8	91.7	90.6	89.4	88.3	87.1	447.1
0.3	13.70	7	84.5	83.4	82.3	81.3	80.3	411.8
0.15	4	10	117.1	115.6	114.1	112.6	111.2	570.6
0.075	4	0	0	0	0	0	0	0
Pan	0	4	48.3	47.7	47.1	46.5	45.9	235.3
Berat Total Agregat (gr)			1207.1	1191.6	1176.3	1161.3	1146.5	5882.9
Berat Aspal (gr)			50.3	56.1	61.9	67.6	73.2	309.1
Berat Total Benda Uji (gr)			1257.4	1247.7	1238.3	1228.9	1219.7	6192.0
BJ Teori Max			2.5441	2.5247	2.5055	2.4866	2.4679	-

Setelah diperoleh jumlah agregat dan aspal yang dibutuhkan untuk membuat benda uji maka dilakukan pencampuran dan pemadatan dengan suhu dan parameter standar. Setelah benda uji selesai dibuat maka dilakukan uji marshall dan mengamati setiap parameter marshall. Berikut adalah hasil pengujian pada batas tengah dan batas bawah.

Tabel 10. Hasil pengujian sampel pada batas tengah.

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4.5	710.009	15.663	7.750	50.5199	2.80	253.575
	769.038	15.708	7.800	50.3466	3.10	248.077
	659.230	15.725	7.818	50.2831	2.90	227.321
Rata-rata	712.76	15.70	7.79	50.38	2.93	242.991
	772.97	15.79	6.71	57.49	3.10	249.344
5	812.68	15.38	6.26	59.32	3.50	232.193
	777.51	15.23	6.09	60.00	3.20	242.971
	787.72	15.47	6.35	58.94	3.27	241.503
Rata-rata	844.07	16.16	5.93	63.31	3.40	248.256
	791.85	15.77	5.50	65.16	3.10	255.435
5.5	854.72	15.83	5.56	64.87	3.30	259.006
	830.21	15.92	5.66	64.45	3.27	254.232
	921.47	15.57	4.77	69.37	3.30	279.232
6	937.90	16.04	4.60	71.34	3.50	267.971
	951.87	16.19	4.77	70.55	3.70	257.263
	937.08	15.94	4.71	70.42	3.50	268.155
Rata-rata	1132.63	16.98	4.46	73.74	4.30	263.403
	1127.73	16.75	4.20	74.94	4.10	275.055
	1064.68	16.64	4.08	75.51	3.70	287.750
Rata-rata	1108.35	16.79	4.24	74.73	4.03	275.403

Tabel 11. Hasil pengujian sampel pada batas bawah.

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
4	665.010	12.55	7.11	43.35	2.3	289.13
	612.057	12.99	7.58	41.67	2.4	255.02
	685.326	13.38	7.99	40.27	2.8	244.76
Rata-rata	654.13	12.97	7.56	41.76	2.50	262.97
	761.88	13.95	7.41	46.86	2.9	262.72
4.5	794.70	13.90	7.36	47.06	2.7	294.33
	906.09	14.32	7.81	45.47	2.8	323.60
	820.89	14.06	7.53	46.47	2.80	293.55
Rata-rata	874.85	14.53	6.84	52.90	2.7	324.02
	882.17	15.11	7.47	50.54	3.1	284.57
5	885.19	14.90	7.25	51.35	3.5	252.91
	880.74	14.85	7.19	51.60	3.10	287.17
	934.62	15.16	7.04	53.56	3.3	283.22
5.5	974.25	15.54	6.75	56.55	3.5	278.36
	998.82	15.76	6.99	55.63	3.1	322.20
	969.23	15.49	6.93	55.25	3.30	294.59
Rata-rata	1083.93	15.99	6.05	62.15	3.8	285.25
	1053.05	16.20	6.28	61.21	3.5	300.87
6	1115.78	16.16	6.24	61.38	3.7	301.56
	1084.25	16.11	6.19	61.58	3.67	295.89

Dari hasil yang diperoleh maka diperoleh kadar aspal optimum untuk batas tengah adalah 6,1 dan untuk batas bawah tidak diperoleh kadar aspal optimum. Sehingga dilakukan penambahan kadar aspal pada batas bawah.

Tabel 12. Hasil pengujian sampel pada batas bawah dengan penambahan kadar aspal.

Kadar aspal (%)	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
6.5	1039.15	16.33	5.93	63.68	3.6	288.65
	983.22	16.46	5.37	67.36	3.8	258.74
	905.90	16.15	5.03	68.87	3.2	283.09
Rata-rata	976.09	16.31	5.44	66.64	3.53	276.83
	950.54	16.26	3.93	75.85	3.2	297.04
7.0	1294.84	16.50	4.20	74.53	4.3	301.12
	960.05	16.40	4.09	75.06	3.8	252.65
	1068.48	16.38	4.07	75.15	3.77	283.60

Setelah dilakukan penambahan maka kadar aspal yang diambil 6,85% yang akan digunakan untuk variasi suhu pencampuran untuk melanjutkan penelitian ini.

C. Pembahasan Hasil Penelitian

Setelah dilakukan variasi jumlah tumbukan pada batas tengah dan batas bawah diperoleh parameter marshall seperti berikut:

Tabel 13. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas tengah.

Variasi Jumlah Tumbukan	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
2x55	1219.723	21.65	11.01	49.16	5.50	221.768
	1146.456	20.81	10.06	51.68	5.10	224.795
	1083.201	21.13	10.41	50.71	6.50	166.646
Rata-rata	1149.793	21.20	10.49	50.52	5.70	204.403
	1155.954	19.57	8.65	55.81	5.20	222.299
	1089.461	19.68	8.77	55.44	5.80	187.838
2x65	1045.510	20.82	10.06	51.66	6.30	165.954
	1096.975	20.02	9.16	54.30	5.77	192.030
	1095.953	20.14	9.30	53.85	5.40	202.954
Rata-rata	1031.091	20.31	9.49	53.29	5.50	187.471
	958.037	20.16	9.32	53.79	3.70	258.929
	1028.361	20.21	9.37	53.64	4.87	216.451
2x75	1038.583	19.19	8.22	57.18	5.80	179.066
	952.039	19.59	8.66	55.76	5.70	167.024
	852.085	19.84	8.95	54.88	5.50	154.925
Rata-rata	947.569	19.54	8.61	55.94	5.67	167.005
	939.429	20.22	9.38	53.59	5.30	177.251
	834.067	19.60	8.68	55.71	5.40	154.457
2x95	810.378	19.53	8.60	55.98	4.40	184.177
	861.291	19.78	8.89	55.09	5.03	171.961

Berdasarkan dari Tabel 13 diketahui bahwa jumlah tumbukan 2x55 – 2x95 tidak ada yang memenuhi parameter *marshall*. Hal ini dikarenakan nilai MQ dan VFA pada batas tengah tidak memenuhi syarat spesifikasi Bina Marga 2010.

Tabel 14. Hasil pengujian sampel kadar aspal optimum batas bawah.

Variasi Jumlah Tumbukan	Stabilitas (kg)	VMA (%)	VIM (%)	VFA (%)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)
2x55	1155.31	19.11	7.55	60.48	3.30	350.09
	1116.38	18.89	7.30	61.35	3.10	360.12
	965.81	18.50	6.85	62.94	3.70	261.03
Rata-rata	1079.17	18.83	7.24	61.59	3.37	323.75
	1222.13	18.29	6.62	63.83	2.90	421.42
	1159.81	18.62	7.00	62.42	2.80	414.22
2x65	1103.65	18.56	6.93	62.67	2.70	408.76
	1161.87	18.49	6.85	62.97	2.80	414.80
	1173.63	17.65	5.89	66.65	3.30	355.65
Rata-rata	1108.88	17.98	6.26	65.19	2.30	482.12
	1007.43	17.92	6.20	65.42	2.10	479.73
	1096.65	17.85	6.11	65.75	2.57	439.17
2x75	1119.93	17.96	6.24	65.24	5.10	219.59
	1102.53	17.81	6.07	65.93	4.90	225.01
	1016.21	17.10	5.25	69.28	2.10	483.91
Rata-rata	1079.55	17.62	5.85	66.82	4.03	309.50
	1090.33	17.69	5.93	66.49	5.90	184.80
	861.27	17.58	5.81	66.97	5.30	162.50
2x95	933.42	17.45	5.66	67.58	6.20	150.55
	961.68	17.57	5.80	67.01	5.80	165.95

Berdasarkan dari Tabel 14 diketahui bahwa jumlah tumbukan 2x55 – 12x95 hanya pada tumbukan 2x75 – 2x95 yang memenuhi parameter *marshall*. sedangkan pada tumbukan 2x55 dan 2x65 tidak memenuhi parameter *marshall*. Hal ini dikarenakan nilai VFA tidak memenuhi syarat spesifikasi bina marga 2010 pada batas bawah.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa pada pengolahan data diperoleh bahwa nilai kadar aspal yang digunakan untuk batas tengah yaitu 6,1% dan batas bawah 6.85%. Dari hasil pengujian *Marshall* pada tumbukan 2x55-2x95 pada batas tengah tidak ada yang memenuhi semua parameter *Marshall*. Hal ini dikarenakan nilai *Marshall Quotient* (MQ) dan nilai VFA (*Voids Filled with Asphalt*) tidak masuk Spesifikasi Bina Marga 2010. Sedangkan pengujian *Marshall* batas bawah pada tumbukan 2x55 dan 2x65 tidak memenuhi semua parameter *Marshall*, dikarenakan nilai VFA (*Voids Filled with Asphalt*) tidak masuk syarat Spesifikasi Bina Marga 2010.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Agregat*, SNI. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia.
- Anonim, 1991, *Metode Pengujian Aspal*, SNI. Departemen Pekerjaan Umum, Standar Nasional Indonesia
- Anonim, 2010, *Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal*. Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia Jakarta.
- Sukirman, 1992, *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung. Nova.
- Sukirman, 2003, *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta. Granit.